

## Nowe spojrzenie na ocenę stanu zdrowia i zdolności wysiłkowych narciarzy z niepełnosprawnością na przykładzie mistrzyni paraolimpijskiej

### A new outlook on the evaluation of health state and physical capacity of skiers with disabilities as exemplified by a female Paralympic Champion

Wojciech Gawroński <sup>A-F</sup>

Katedra Chorób Wewnętrznych i Gerontologii, Wydział Lekarski Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński, Kraków. Department of Internal Medicine and Gerontology, Medical Department of Collegium Medicum, Jagiellonian University, Cracow

- A – opracowanie koncepcji i założeń (preparing concepts)  
B – opracowanie metod (formulating methods)  
C – przeprowadzenie badań (conducting research)  
D – opracowanie wyników (processing results)  
E – interpretacja i wnioski (interpretation and conclusions)  
F – redakcja ostatecznej wersji (editing the final version)

#### Streszczenie

*Wstęp:* Początkowo sport niepełnosprawnych – w tym narciarstwo – uznawano jedynie za kontynuację rehabilitacji. Zmiany w klasyfikacji zawodników i w przepisach doprowadziły do zwiększonej rywalizacji z powodu łączenia klas, a o zwycięstwie zaczęły decydować w większym stopniu cechy sprawności fizycznej niż rodzaj dysfunkcji. Wymogło to podjęcie systematycznego treningu i zwiększenie obciążeń treningowych. Obserwacja stanu zdrowia oraz skuteczności treningu stała się koniecznością. Celem pracy jest przedstawienie metodyki oceny stanu zdrowia zawodników oraz poziomu ich zdolności wysiłkowych i omówienie wyników badań zawodniczki z okresu szczytowych sukcesów sportowych.

*Materiał i metody:* Grupę badaną stanowili narciarze biegowi z niepełnosprawnością narządu ruchu przygotowujący się do Igrzysk Paraolimpijskich w latach 2002–2010. Wprowadzono systematyczny i kompleksowy model oceny stanu zdrowia składający się z badań lekarskich oraz testu wysiłkowego do „wyczerpania”, podczas którego oznaczano wybrane wskaźniki fizjologiczne i metaboliczne oraz ilość wykonanej pracy i rozwijaną średnią moc.

*Wyniki:* Ocenę stanu zdrowia stanowiło orzeczenie o zdolności badanej do treningów oraz udziału w zawodach. Natomiast wyniki testu wysiłkowego w kontekście zestawienia czasu pracy, uzyskanej mocy maksymalnej i jej poziomu na progu przemian beztlenowych oraz reakcji serca obrazują wysoki poziom wydolności organizmu badanej, który był najwyższy w całym okresie obserwacji.

*Wnioski:* Systematyczna obserwacja pozwala zapobiec negatywnym skutkom zdrowotnym zwiększonych obciążeń treningowych oraz umożliwia monitorowanie odpowiedzi organizmu badanych na postawione zadania w poszczególnych okresach cyklu przygotowań. Osiągnięcia sportowe zawodniczki potwierdzają skuteczność treningu i prowadzonej obserwacji, a charakterystyka badanej może być wzorem sylwetki morfo-funkcjonalnej, która umożliwiła rywalizację o tytuł mistrzyni paraolimpijskiej w biegach narciarskich.

#### Słowa kluczowe:

paraolimpijczycy, niepełnosprawni narciarze, badania lekarskie, testy zdolności wysiłkowych

## Abstract

*Introduction:* Initially, sport for the disabled (including skiing) was only considered to be a follow-up to rehabilitation. Modifications concerning the rules and classifications of athletes (reducing the number of classes) led to increased competition and to the fact that winning started to be determined more by physical performance features than by a type of dysfunction. This required more regular training and greater training loads as well as observing health state and training effectiveness more carefully. The aim of the work is to present the methodology of assessing health state of the athletes and the level of their physical capacity and to discuss the results of the research conducted on a female skier during the period of her greatest achievements.

*Materials and methods:* The research group consisted of cross-country skiers with motor disabilities who were preparing for Paralympic Games in the years 2002-2010. A regular complex model of assessing health was implemented. It consisted of medical examinations and a physical capacity test (to failure) during which selected physiological and metabolic indices as well as the amount of work and mean power were marked.

*Results:* Health assessment consisted of the report confirming that the athlete is capable of taking part in training sessions and competitions. The results of a physical capacity test, i.e. duration of work, peak power and power at the anaerobic threshold as well as heart reactions show the moment when the subject demonstrated the highest level of physical capacity in the course of the observation.

*Conclusions:* A regular observation makes it possible to prevent negative health consequences of increased training loads and to monitor the reactions of the subjects' bodies to the tasks in particular periods of the preparation cycle. Sports achievements of the female athlete confirm the effectiveness of the training and observation, while her features may serve as an example of morpho-functional posture which enabled her to compete for the title of the Paralympic Champion in cross-country skiing.

**Key words:** Para-Olympians, disabled skiers, medical examinations, physical capacity tests

## Wstęp

Początkowo uprawianie sportu przez osoby z niepełnosprawnością – w tym również narciarstwa – uznawano jedynie za kontynuację rehabilitacji leczniczej oraz wspomaganie społecznej, edukacyjnej oraz zawodowej integracji z osobami pełnosprawnymi [1-3].

Z czasem ewolucyjne zmiany w klasyfikacji zawodników oraz w przepisach spowodowały, że w wyniku łączenia grup i klas startowych o zwycięstwie zaczęła decydować w większym stopniu sprawność sportowa oraz zdolności wysiłkowe zawodników, a nie rodzaj dysfunkcji czy stopień niepełnosprawności [4-7]. W związku tym z na przełomie wieków doszło do zwiększenia współzawodnictwa w sporcie osób z niepełnosprawnością, co spowodowało podjęcie po raz pierwszy w paraliimpijskim narciarstwie biegowym, podobnie jak w sporcie pełnosprawnych, periodyzacji treningu w cyklach całorocznych [8] w ramach opracowanego czteroletniego planu perspektywicznego na lata 1999–2002 [9]. Tym samym wzrosły obciążenia treningowe i co za tym idzie takie same zagrożenia przeciążeń narządu ruchu jak w narciarstwie biegowym osób pełnosprawnych [10].

## Introduction

Initially, sport for the disabled (including skiing) was only considered as a follow-up to medical rehabilitation and as a support of social, educational and professional integration with able-bodied individuals [1-3].

With time, modifications of the rules and classification of athletes (reducing the number of competitions classes) led to the fact that winning started to be determined more by sports performance and physical capacity than by the type of dysfunction or the level of disability [4-7]. Owing to this, at the turn of the century, competition in sports for the disabled increased, which, in turn, brought about the fact that for the first time in the history of Paralympic cross-country skiing, periodisation was implemented in the year-round training, as in the sport for able-bodied individuals [8]. It was implemented in a 4-year plan for the years 1999-2002 [9]. Therefore, training loads increased and there occurred the same risks of musculoskeletal system overloads as in cross-country skiing of healthy athletes [10].

Sports training as an example of physical activity of disabled individuals produces particular benefits

Trening sportowy, jako jeden z przejawów aktywności fizycznej, osób z niepełnosprawnością, daje określone korzyści w aspekcie leczniczym dla jednostki oraz dla całej społeczności, w której funkcjonują, ale tylko przy właściwej opiece medycznej [11].

Stąd, w zgodzie z obowiązującymi w sporcie pełnosprawnych regulacjami prawnymi [12], szczególnego znaczenia nabrały badania lekarskie zawodników z niepełnosprawnością oraz zdolności wysiłkowych ich organizmu, które mają wpływ na wynik sportowy w danej dyscyplinie [13]. Powyższe przesłanki spowodowały, iż w 2001 roku opracowano i wdrożono w grupie polskich narciarzy biegowych z niepełnosprawnością nową, a zarazem kompleksową i systematyczną ocenę stanu zdrowia oraz zdolności wysiłkowych w przygotowaniach do udziału w Igrzyskach Paraolimpijskich (IP) [14]. Celem pracy zatem jest przedstawienie metodyki prowadzonej obserwacji, a następnie omówienie wyników badań na przykładzie zawodniczki z okresu, kiedy osiągnęła szczytowe sukcesy sportowe.

## Material i metody

### Badani

Grupę badaną stanowili paraolimpijscy narciarze biegowi z niepełnosprawnością w zakresie narządu ruchu, którzy zostali wyselekcjonowani przez trenerów do udziału w przygotowaniach do startu w IP w 2002 roku oraz do kolejnych IP w 2006 i 2010 roku. Zawodników poddano okresowej obserwacji od lipca 2001 roku do lutego 2010 roku.

### Metoda

Nowy model opieki sportowo-lekarskiej paraolimpijskich narciarzy biegowych obejmował systematyczną ocenę stanu zdrowia oraz zdolności wysiłkowych badanych. Na ocenę stanu zdrowia składały się badania lekarskie, które przeprowadzano w okresach 6-miesięcznych [14]. Natomiast badania zdolności wysiłkowych proponowano wykonywać zgodnie z periodyzacją treningu [8], 4-krotnie w ciągu rocznego cyklu treningowego to jest:

- a– przed rozpoczęciem podokresu przygotowania ogólnego,
- b– po jego zakończeniu,
- c– po zakończeniu podokresu przygotowania specjalnego
- d– przed imprezą główną sezonu w okresie startowym

**Badania lekarskie wstępne** i kolejne co roku obejmowały ogólne badanie lekarskie, badanie ortopedyczne, pomiary antropometryczne, spoczynkowe badanie elektrograficzne, badania laboratoryjne (morfologia krwi obwodowej z wzorem odsetkowym, odczyn opadania krwinek czerwonych, badanie ogólne moczu z oceną mikroskopową osadu) oraz poziom żelaza.

in terms of treatment both for individuals and for the whole society in which they function, but only with proper medical care [11].

Thus, in compliance with the legal regulations regarding sports for healthy athletes [12], medical examinations of disabled athletes and tests of their physical capacity which affect results in a particular sport have gained significance [13]. The aforementioned factors led to the fact that in 2001 a new, more complex and regular assessment of health and physical capacity was implemented in the group of Polish cross-country skiers with disabilities preparing for Paralympic Games [14]. Therefore, the aim of the work is to present the methodology of the observation and to discuss the results of the study as exemplified by a female skier from the period of her greatest achievements.

## Material and methods

### Subjects

The research group included Paralympic cross-country skiers with motor disabilities who were selected by coaches to prepare for Paralympic Games in 2002, 2006 and 2010. The athletes were observed from July 2001 to February 2010.

### Method

A new model of sports and medical care of Paralympic cross-country skiers included a regular assessment of health state and physical capacity of the subjects. Health evaluation included medical examinations which were repeated every 6 months [14]. Physical capacity were evaluated in accordance with training periodisation [8] - 4 times in a one-year training cycle, i.e.:

- a– prior to the commencement of the subperiod of general preparation,
- b– after its finalisation,
- c– after the subperiod of special preparation
- d– before the main sports event in a competition period.

**Medical examination** – both initial and further (annual) examinations included a general medical check-up, orthopaedic test, anthropometric measurements, electrocardiograph, laboratory tests (peripheral blood smear test, erythrocyte sedimentation rate, urinalysis with microscopic examination of urinal sediment) and iron test. Moreover, initial examination also included ENT and eye examination. However, periodic evaluations performed every 6 months (after initial and annual tests) were limited to a general medical check-up and orthopaedic test only, but they could be extended depending on the state of health of a subject. In the case of any deviations that

Dodatkowo w badaniach wstępnych przeprowadzono konsultację laryngologiczną i okulistyczną. Natomiast w badaniach okresowych wykonywanych co 6 miesięcy (po wstępnych i rocznych) zakres był ograniczony do ogólnego badania lekarskiego oraz badania ortopedycznego, a ewentualne rozszerzenie ich zakresu zależało od stanu zdrowia badanego. W przypadku stwierdzenia w badaniach lekarskich odchyleń w układzie sercowo – naczyniowym konsultowano kardiologicznie i w razie potrzeb wykonywano echo serca, badanie Holtera i inne. Każde badanie lekarskie kończyło się wydaniem orzeczenia o braku przeciwwskazań do treningów oraz udziału w zawodach narciarskich.

**Badania zdolności wysiłkowych** przeprowadzano jedynie u zawodników z ważnymi okresowymi badaniami lekarskimi. Dodatkowo przed każdym testem wysiłkowym przeprowadzano okolicznościowe badanie lekarskie, celem wykluczenia ewentualnych czasowych przeciwwskazań do podjęcia maksymalnego wysiłku. Każdorazowo na wstępie u badanych określano aktualną masę ciała (BW- body weight) oraz procent tkanki tłuszczowej (% F- fat) i ilość wody (TBW- total body water) przy użyciu elektronicznej wagi produkcji japońskiej firmy Tanita.

Do oceny zdolności wysiłkowych stosowano metodę bezpośrednią ergospirometryczną wykonując test ze wzrastającym stopniowo obciążeniem do „odmowy”. Badani w zależności od rodzaju niepełnosprawności wykonywali właściwy test wysiłkowy na cykloergometrze firmy Monark. Dla osób z dysfunkcją kończyn górnych test odbywał się na cykloergometrze Monark, natomiast dla badanych z dysfunkcją kończyn dolnych na ergometrze Monark dostosowanym specjalnie do pracy kończynami górnymi. Grupa zawodników z dysfunkcją kończyn górnych wykonywała wysiłek w rytmie dyktowanym metronomem, wynoszącym 60 obrotów na minutę. Początkowe obciążenie wynosiło 60 W, a następnie stopniowo wzrastało co dwie minuty o 30 W. W grupie badanych z dysfunkcją kończyn dolnych również rozpoczynano wysiłek z obciążeniem 60 W, które zwiększano co dwie minuty o 15 W.

Podczas testu wysiłkowego oznaczano wartości przemiany oddechowej takie jak: minutową wentylację płuc (VE), minutowy pobór tlenu ( $\dot{V}O_{2max}$ ), minutowe wydalenie dwutlenku węgla ( $\dot{V}CO_2$ ), iloraz oddechowy (RQ) oraz współczynnik tlenowo-wentylacyjny ( $\dot{V}O_2/VE$ ). Wartości przemiany oddechowej mierzono przy użyciu szybkich analizatorów firmy MES skojarzonych z komputerem.

W trakcie badań testowych w celu określenia koncentracji mleczanu pobierano dwukrotnie próbkę arterializowanej krwi z pętka ucha, pierwszą w warunkach spoczynkowych oraz drugą w trzy minuty po zakończeniu testu na ergometrze. Stężenie mleczanów oznaczano spektrofotometrem firmy Dr Lange.

occurred during medical check-ups and regarded cardiovascular system, cardiological consultations were held and, if needed, such examinations as echocardiogram, Holter monitoring, etc. were performed. Each medical check-up finished with issuing a report on the lack of contraindications to training and participating in skiing competitions.

**Physical capacity examinations** were performed only in the case of athletes with valid periodic medical evaluation results. Moreover, prior to each physical capacity test, an additional medical check-up was done in order to exclude potential temporary contraindications to taking up maximal effort activities. Every time, at the beginning of the check-up such parameters as body weight (BW), percentage of fat tissue (% F) and total body water (TBW) were marked with the use of Tanita electronic scale.

In order to assess physical capacity, direct ergospirometry was performed with gradually increasing load to failure. Depending on the disability type, the subjects performed different physical capacity tests on Monark ergometer. Individuals with upper limb dysfunctions performed a test on Monark cycle ergometer, while the subjects with lower limb dysfunctions were tested on Monark ergometer adjusted to their needs. The group of athletes with upper limb dysfunctions exercised rhythmically according to metronome (60 beats per minute). An initial load was 60W and it increased by 30W every two minutes. In the group of subjects with lower limb dysfunctions an initial load was also 60W, but it increased by 15W every two minutes.

During a physical capacity test, such values as minute ventilation (VE), oxygen consumption ( $\dot{V}O_{2max}$ ), carbon dioxide production ( $\dot{V}CO_2$ ), respiratory quotient (RQ) and oxygen-ventilation coefficient ( $\dot{V}O_2/VE$ ) were measured. These values were measured with the use of MES computer analysers.

During the tests aimed at defining the concentration of lactate, two arterialised earlobe blood samples were taken, i.e. the first one in rest conditions, the other one three minutes after finishing the ergometer test. The concentration of lactate was marked with Dr Lange spectrophotometer.

In order to define mechanical effect of the effort during a test, a general amount of work done (kJ) and mean power (W) during the effort were calculated.

In all the subjects, heart rate (HR) was registered continuously at rest prior to the test, during the effort and for three minutes after the test with the use of Finnish Polar-Electro Sport Testers.

For training purposes, after each physical capacity test a report including an individual description of current physical capacity with regard to previous studies was created. The skiers were given results of their own physical capacity tests, while coaches received the re-



W celu określenia mechanicznego efektu realizowanej pracy podczas testu wyliczano ogólną ilość wykonanej pracy (kJ) oraz średnią moc (W) rozwijaną w czasie wysiłku.

W spoczynku, przed rozpoczęciem testu, a następnie w trakcie całego wysiłku, jak też przez trzy minuty po jego zakończeniu, u wszystkich badanych rejestrowano na bieżąco częstość skurczów serca (HR) stosując w tym celu sport-testery fińskiej produkcji Polar-Electro).

Po każdym teście wysiłkowym, dla bieżących potrzeb szkoleniowych, opracowywano raport w postaci indywidualnej charakterystyki, w którym uzyskane wyniki służyły do opisanego aktualnych zdolności wysiłkowych badanych w odniesieniu do wcześniejszych badań. Zawodnicy otrzymywali rezultaty swoich badań wydolnościowych, a kadra trenerska całej badanej grupy. Wyniki omawiano na wspólnym spotkaniu z zawodnikami oraz kadra trenerską, która na tej podstawie ewentualnie modyfikowała trening badanych.

Na prowadzenie powyższych badań uzyskano zgodę Komisji Etycznej Okręgowej Izby Lekarskiej w Krakowie.

## Wyniki

Ocenę stanu zdrowia oraz wyniki testów wydolności fizycznej z prowadzonych obserwacji grupy narciarzy z niepełnosprawnością w latach 2001 – 2010 przedstawiono w niniejszej pracy jedynie na przykładzie badań wybranej zawodniczki KJ, które odbyły się w lutym 2006 roku na 5 tygodni przed pierwszym startem w IP w Turynie w 2006 roku. Ocenę stanu zdrowia omówiono ujawniając tylko wyniki i stany nie przekraczających tajemnicy lekarskiej, w przeciwieństwie do badań wydolności fizycznej, w których na udział i publikację uzyskanych wyników badana, jak i inne osoby wyraziły zgodę przed rozpoczęciem obserwacji.

### Ocena stanu zdrowia

U badanej nie stwierdzono przeciwwskazań, zarówno ogólnolekarskich jak i ze strony narządu ruchu, do uprawiania narciarstwa biegowego. Stan pourazowej obustronnej amputacji kończyn górnych kwalifikował zawodniczkę do grupy startowej LW5/7, w której osoby mają niesprawne obie kończyny górne i poruszają się na dwóch nartach bez użycia kijków. Trening sportowy badanej w okresie wieloletnich obserwacji, mimo istniejącej nieznacznej asymetrii ruchu z powodu różnej długości kikutow ramienia prawego i przedramienia lewego, nie spowodował istotnych zmian przeciążeniowych w poszczególnych odcinkach kręgosłupa.

Konsultacje laryngologiczne i okulistyczne nie wykazały odchyłań od normy. Wszystkie regularnie wykonywane elektrokardiogramy spoczynkowe były prawidłowe. Standardowe badania laboratoryjne

sults of the whole group. The results were discussed with athletes and coaches and served as a basis for modifying the subjects' training.

The research was approved by the Ethical Commission of the Regional Medical Chamber in Cracow.

## Results

The results of health assessment and physical capacity tests from the observations carried out on a group of skiers with disabilities in the years 2001-2010 are exemplified in this study only by the results of examinations of one skier (KJ) performed in February 2006, i.e. 5 weeks before the first competition at the Paralympic Games in Turin in 2006. Health assessment was discussed by revealing only these results and states that did not breach medical confidentiality, in contrast to the results of physical capacity tests whose publication was approved by the subjects prior to the observation.

### Health assessment

No medical or musculoskeletal contraindications to practising cross-country skiing were found. Due to the post-injury bilateral upper limb amputation, the skier was qualified to the LW5/7 group, which includes individuals with disabilities of both upper limbs who move on two skis without poles. Despite a slight movement asymmetry resulting from different lengths of stumps of the right arm and left forearm, long-term sports training of the subject did not cause any significant overload changes in particular segments of the spine.

ENT and eye consultations did not reveal any deviations from the norm. All the electrocardiograms which were performed regularly revealed proper results. Standard laboratory test results (peripheral blood smear test, erythrocyte sedimentation rate, urinalysis) as well as iron and magnesium test results were within the norm in the whole period of observation.

On the basis of medical examinations, the health state of the subject was every time confirmed with a doctor's consent or lack of consent to participating in skiing training and competition.

### Physical capacity assessment

Within the examination period, morphological examination results of the subject (KJ) who was 28 years of age at that time were as follows: height – 160 cm, body weight – 51.7 kg, fat tissue – 14.9%, total body water – 58.9% and fat-free body weight – 44 kg. Maximum values of selected indices obtained by the subject were: pulse 88 bpm, oxygen intake 51.30 ml/kg/min, ventilation – 107.4 l and concentration of hydrons - 9.65 mmol. The values of heart rate at the level

(morfologia z rozmazem, OB, badanie ogólne moczu) oraz poziom żelaza i magnezu były w normie zarówno w omawianym czasie jak i w całym okresie obserwacji.

Na podstawie badań lekarskich stan zdrowia badanej był każdorazowo potwierdzany zaświadczeniem lekarskim w postaci orzeczenia o zdolności lub jej braku do udziału w treningach i zawodach narciarskich.

### Ocena zdolności wysiłkowych

W okresie badania pomiary morfologiczne zawodniczki KJ, w tym czasie lat 28, były następujące: wzrost 160 cm, masa ciała 51.7 kg, tkanka tłuszczowa 14.9%, zawartość wody 58.9% oraz beztłuszczowa masa ciała 44 kg. Maksymalne wartości wybranych wskaźników uzyskane przez badaną wynosiły: tętno 188 sk/min, pobór tlenu 51.30 ml/kg/min, wentylacja; 107.4 l oraz poziom stężenia jonów wodorowych; 9.65 mmol. Wartości tętna badanej na poziomie I i II progu metabolicznego wynosiły odpowiednio; 122 sk/min oraz 156 sk/min, co pozwoliło wraz z wartością maksymalną, na wyznaczenie trzech wysiłkowych stref metabolicznych.

Natomiast aktualne zdolności wytrzymałościowe badanej charakteryzowały uzyskane podczas testu następujące wyniki: czas pracy -13 min, moc maksymalna - 240 W, średnia moc -143 W oraz jej poziom na progu przemian beztlenowych -150 W.

Po zakończeniu wysiłku akcja serca badanej wynosiła: w pierwszej minucie 174 sk/min, w drugiej minucie 123 sk/min, trzeciej minucie 114 sk/min oraz tempo obniżania się częstości skurczów odpowiednio po zakończeniu testu wynosiło w kolejnych trzech minutach 14, 65 oraz 74 sk/min.

Zdolności wysiłkowe badanej zaprezentowane w teście wysiłkowym, w odniesieniu do wcześniejszych badań, zostały opisane w raporcie w następujący sposób:

*„Zanotowano dalsze obniżenie masy ciała o 1 kg i nieznaczny przyrost tkanki tłuszczowej. Znalazło to odbicie w zmniejszeniu ilości aktywnej tkanki mięśniowej o 1,7 kg. Wyliczony wskaźnik BMI wskazuje na prawidłowe proporcje wagowo-wzrostowe. Uzyskany czas testu świadczy o zmniejszeniu potencjału wytrzymałościowego w porównaniu do poprzednich obserwacji. Bardzo istotne jest jednak, że poziom obciążenia przy którym, u omawianej zawodniczki, następuje przekroczenie progu niekompensowanej kwasicy metabolicznej nie uległ pogorszeniu, a moc maksymalna zmniejszyła się nieznacznie. Zanotowano przyrost potencjału tlenowego i wzrost maksymalnej wentylacji płuc co mogło mieć wpływ na niższy powysiłkowy poziom mleczanu. Nieco podwyższony poziom mleczanu w spoczynku może być wynikiem przemęczenia ostatnimi startami. Potwierdza to również wyższa wartość spoczynkowa HR oraz obniżenie odsetkowej wartości HR na poziomie progu II progu metabolicznego. Wydaje się celowe, krótkotrwale obniżenie obciążen wytrzymałościowych zgodnie z wartościami HR.”*

Należy nadmienić, że wyniki tych badań wydolnościowych oraz zalecenia raportu posłużyły kadrze

of the first and second metabolic threshold were 122 bpm and 156 bpm respectively, which made it possible to determine three metabolic physical capacity spheres together with maximum values.

However, current physical capacity of the subject were characterised by the following results obtained during the test: duration of work - 13 min, peak power - 240 W, mean power - 143 W and its level at anaerobic threshold - 150 W.

At the end of performance, the subject's heart beat in the first minute was 174 bpm, in the second minute - 123 bpm, in the third minute - 114 bpm, while the pace at which the frequency of heart beats decreased within three minutes after the test was 14, 65 and 74 bpm.

Physical capacity of the subject examined in the physical capacity tests were presented with regard to the previous studies in a following way:

*“A further decrease in body mass by 1 kg and a slight increase in fat tissue were noted. It was reflected by a decrease in the amount of active muscle tissue by 1.7 kg. The BMI indicates proper weight-height proportions. The result of the test indicates a lower physical capacity potential compared to previous observations. However, it is really significant that the load with which the subject experienced non-compensatory metabolic acidosis did not decrease and peak power decreased slightly. Aerobic potential and maximal lung ventilation increased, which may have affected a lower post-effort lactate concentration level. A slightly higher lactate concentration at rest may stem from fatigue related to participating in recent competitions. It is also confirmed by a higher HR value and lower HR percentage value at the level of the 2nd metabolic threshold. Thus, a short-term decrease in physical capacity loads taking into account HR values seems justified.”*

It has to be added that the results of these physical capacity tests and recommendations from the report were used by coaches to modify training loads in the period of direct preparations to Paralympic Games in Turin.

### Discussion

In the foreign literature from the 20<sup>th</sup> century there are virtually no studies indicating the need for medical examinations among disabled athletes. Only a few authors raised this problem regarding amateur athletes with disabilities [15]. In turn, in the present century, only a few works concerning athletes with disabilities practising winter sports have been published. Two publications regarded the topic of injuries during Paralympic Games [16,17], while other three studies analysed physical capacity of athletes practising various winter sports. For instance, Bhambhani [18]

trenerskiej w modyfikacji obciążeń treningowych w okresie bezpośredniego przygotowania startowego do IP w Turynie.

## Dyskusja

W literaturze zagranicznej ubiegłego wieku praktycznie całkowicie brak prac wskazujących na potrzebę przeprowadzania badań lekarskich wśród zawodników niepełnosprawnych. Jedynie pojedyncze prace podnosiły ten problem w stosunku do sportowców amatorów z niepełnosprawnością [15]. Natomiast w obecnym studium ukazało się jedynie kilka prac dotyczących zawodników z niepełnosprawnością uprawiających zimowe sporty. Dwa doniesienia dotyczą urazowości podczas IP [16,17], a kolejne 3 wydolności fizycznej zawodników z różnych zimowych dyscyplin. Dla przykładu praca Bhambhani [18] omawia zdolności wysiłkowe wąskiej grupy badanych (9 osób, w tym 1 kobiety) zawodników startujących na stojąco w biegach narciarskich o różnych rodzajach niepełnosprawności takich jak: niedowidzenie (3 zawodników i 1 zawodniczka), po uszkodzeniu rdzenia kręgowego (3 zawodników) oraz po jednym zawodniku z urazowym uszkodzeniu mózgowia i z porażeniem mózgowym. Z kolei Bernardi [19,20] w swoich doniesieniach opisuje jedynie badania zawodników z dysfunkcją kończyn dolnych z różnych dyscyplin sportu, w tym narciarzy startujących na siedząco. Natomiast polskie doniesienia dotyczą badań: w jednym przypadku wydolności 6 zawodników narciarstwa biegowego z upośledzeniem mentalnym, w tym 3 kobiet [21], a kolejne dwa zdolności wysiłkowej 5 zawodników z niepełnosprawnością narządu ruchu uprawiających narciarstwo zjazdowe [22,23]. Przegląd dostępnego piśmiennictwa wykazuje brak publikacji odnośnie oceny stanu zdrowia i zdolności wysiłkowej narciarzy biegowych z niepełnosprawnością narządu ruchu, poza wstępnymi doniesieniami autora z badań niepełnosprawnych sportowców przeprowadzonych jesienią 2005 roku przed okresem przygotowania specjalistycznego do IP 2006 roku [24,25].

### Stan zdrowia i zdolności wysiłkowe mistrzyni paraolimpijskiej

W badaniach lekarskich zawodniczki KJ przed IP w Turynie nie stwierdzono żadnych zastrzeżeń zdrowotnych, a poziom zdolności wysiłkowych, zobrazowany przedstawionymi wynikami, umożliwił zdobycie 2 złotych medali paraolimpijskich w Turynie w biegu na 5 km techniką dowolną i na 15 km stylem klasycznym. Ponadto badana zajęła dwa 4 miejsca: na 10 km techniką dowolną i w zawodach biathlonowych na dystansie 7,5 km oraz dwa 6 miejsca: na 15 km w biathlonie i w sztafecie 3x2,5km [26]. Należy nadmienić, że na wynik w narciarstwie osób niepełnosprawnych ma wpływ fakt, że czas uzyskany podczas zawodów

discussed physical capacity of a narrow group of subjects (9 individuals, including 1 female) with various disabilities, i.e. visual impairment (3 males and 1 female), spinal cord injury (3 males), traumatic brain injury (1 male) and cerebral palsy (1 male) participating in cross-country skiing in a standing position. In turn, Bernardi [19,20] described research on athletes with lower limb dysfunctions including sit skiers. However, among the Polish publications there is one study on physical capacity of 6 cross-country skiers with mental disabilities, including 3 females [21], and two studies on physical capacity of 5 alpine skiers with motor disabilities [22,23]. A review of literature revealed the lack of publications concerning the assessment of health and physical capacity of cross-country skiers with motor disabilities apart from initial reports of the author of the present study that presented results of research carried out on disabled athletes in autumn 2005, i.e. before the period of specialist preparation for the Paralympic Games in 2006 [24,25].

### Health state and physical capacity of the Paralympic Champion

Medical examination of the athlete (KJ) conducted prior to the Paralympic Games in Turin did not reveal any health problems and the level of physical capacity reflected in the presented results enabled her to win 2 Paralympic gold medals in Turin in 5 km free style and 15 km classic style. Moreover, the subject finished fourth in 10 km free style and 7.5 km biathlon and sixth in 15 km biathlon and 3x2.5 km relay [26]. It ought to be added that the result in disabled skiing is affected by the fact that time achieved during competitions is recalculated on the basis of mathematical formula, i.e. Realistic Handicap Competition and Kreative Renn Ergebnisse Kontrolle (RHC-KREK) [27], which depends on the level and type of disability. This coefficient, first introduced in cross-country skiing in 2003/2004 is verified after each season and is used in order to give equal chances to athletes with various levels of locomotor disability being in the same competition class [7]. In the case of the subject, the percentage coefficient during Paralympic Games in 2006 was at the level of 77% in classic style and 85% in free style. This results from the observation that in athletes with motor disability the type of dysfunction is an important differentiating factor and it significantly affects the technique in a particular sport, which, in turn, is directly reflected in energy expenditure during particular effort [28]. Moreover, in free style this expenditure is higher, which was scientifically confirmed after implementing it in cross-country skiing [29].

Generally, in cross-country skiing sports result is influenced by many external factors such as equipment, waxing, snow conditions, area configuration and skiing tactics. However, physical features of an athlete,



jest rekalkulowany na podstawie matematycznej formuły [27] jako tzw. współczynnik procentowy RHC-KREK (Realistic Handicap Competition and Kreative Renn Ergebnisse Kontrolle), który zależy od stopnia i rodzaju niepełnosprawności zawodnika. Współczynnik ten, wprowadzony jako pierwszy w narciarstwie biegowym w sezonie 2003/2004 jest ewaluowany po każdym sezonie i ma przede wszystkim wyrównywać szanse zawodników z różną niepełnosprawnością lokomotoryczną startujących w tej samej klasie startowej [7]. W przypadku badanej zawodniczki współczynnik procentowy w czasie IP 2006 wynosił w stylu klasycznym 77%, a w technice dowolnej 85%. Wynika to ze spostrzeżenia, że u sportowców z niepełnosprawnością narządu ruchu rodzaj dysfunkcji jest ważnym czynnikiem różnicującym i wpływa znacząco na technikę w danej dyscyplinie sportu, a to ma bezpośrednie odbicie w koszcie energetycznym wykonanej pracy [28]. Należy nadmienić, że w stylu dowolnym (łyżwowym) koszt ten jest wyższy, co udowodniono naukowo po jego wprowadzeniu w narciarstwie biegowym [29].

Generalnie w biegach narciarskich na wynik sportowy ma wpływ wiele czynników zewnętrznych jak sprzęt, smarowanie nart, warunki śniegowe, konfiguracja terenu, a także taktyka biegu. Jednak kluczowym czynnikiem są cechy fizyczne zawodnika, a przede wszystkim wydolność organizmu. Wpływ na jej poziom ma sprawność wielu układów, z których układ krążenia oraz oddechowy są w głównej mierze odpowiedzialne za potencjał tlenowy zawodnika, a szczególnie pobór tlenu. Maksymalny pobór tlenu badanej uzyskany podczas testu wyniósł 51.30 ml/kg/min i jest najwyższy w przebiegu obserwacji, co według Astranda [30] jest wynikiem wysokim dla kobiet. Dla porównania najlepszy wynik uzyskany w badaniach Bhambhani na specjalnym ergometrze (a double poling cross – ergometer WEBA Sport) przez kobietę niedowidzącą wynosił 56,6 ml/kg/min [18]. W przypadku 3 zawodniczek z niepełnosprawnością intelektualną średnia  $\dot{V}O_{2\max}$  na poziomie 51,8 ml/kg/min [21] była uzyskana w teście na bieżni mechanicznej, gdzie jest możliwe uzyskanie wartości maksymalnego poboru tlenu wyższych nawet o około 10–15% niż na cykloergometrze. Na tym tle maksymalny pobór tlenu badanej, 51.30 ml/kg/min, jest relatywnie wysoki. Warto dodać, że w stosunku do wyjściowych badań na cykloergometrze w 2001 roku maksymalny pobór tlenu zwiększył się u badanej o blisko 20%. Ponadto, co jest warte uwagi w kontekście stosunkowo późnego rozpoczęcia wyczynowego treningu w narciarstwie biegowym, które miało miejsce dopiero w 22 roku życia. Oczywiście maksymalny pobór tlenu badanej jak i wyniki przytoczone z piśmiennictwa niepełnosprawnych zawodniczek odbiegają od poziomów uzyskiwanych przez czołowe pełnosprawne biegaczki narciarskie, które kształtują się na poziomie 65 do 70 ml/kg/min [31].

mainly physical capacity, are still the key factor. Its level is affected by many systems, where cardiovascular and respiratory systems are mainly responsible for aerobic potential of an athlete (particularly oxygen intake). Maximal oxygen intake achieved by the subject during the test was 51.30 ml/kg/min and was the highest in the course of observation. According to Astrand [30], it is a high result for a woman. In comparison, Bhambhani reported that the best result achieved by a visually impaired woman on a double poling ergometer (WEBA Sport) was 56.6 ml/kg/min [18]. In the case of 3 athletes with intellectual disability, an average  $\dot{V}O_{2\max}$  at the level of 51.8 ml/kg/min [21] was achieved in the treadmill test, where it is possible to achieve results higher by approx. 10-15% than on the cycle ergometer. Taking this into account, maximal oxygen intake of the subject (51.30 ml/kg/min) is relatively high. It is worth noting that compared to the initial cycle ergometer tests in 2001, maximal oxygen intake increased by nearly 20%. Moreover, it is worth noting that the subject started training cross-country skiing professionally relatively late, i.e. at the age of 22. Her maximal oxygen intake as well as the results of disabled athletes cited from the literature differ from the levels achieved by top healthy cross-country skiers that reach 65 to 70 ml/kg/min [31].

Limitations of achieving a higher level of  $\dot{V}O_2$  also depend on the level of disability, which was not really significant in the case of the subject (KJ) since the test was performed on the cycle ergometer that made up for the lack of engagement of upper limb muscle mass due to their amputation. In turn, significantly lower levels of  $\dot{V}O_{2\max}$  and maximal heart rate accompany spinal cord injuries (paraplegia, tetraplegia) in athletes with disabilities competing in a sitting position, including cross-country skiers [20].

However, it is hard to compare the results of particular studies since it is never certain whether different reactions to effort result from physiological differences or from the methodology/technique of performing physical capacity tests. These aspects gain even more significance in the case of research on disabled athletes as differences in capabilities and body reactions may result either from misunderstanding sports tasks and the lack of motivation in individuals with intellectual disability or from physical coordination disability connected with a specific type of dysfunction (e.g. cerebral palsy) [32]. Thus, performing regular physical capacity tests according to the same methodology is the basis for proper monitoring of physical capacity among disabled individuals and it gains particular significance when we move from rehabilitation to extreme effort in professional sport.

**New outlook on health state and physical capacity of athletes with disabilities**



Ograniczenia uzyskania wyższego poziomu  $\dot{V}O_2$  są zależne także od stopnia niepełnosprawności, co w przypadku badanej KJ nie było zbyt istotne, ponieważ test wykonywano na ergometrze rowerowym, co częściowo niwelowało brak angażowania masy mięśniowej kończyn górnych z powodu ich amputacji. Natomiast zdecydowane niższe poziomy  $\dot{V}O_{2\max}$  oraz maksymalnego tętna występują przy uszkodzeniach rdzenia kręgowego (paraplegia, tetraplegia) u zawodników z niepełnosprawnością startujących w pozycji siedzącej, w tym narciarzy biegowych [20].

Niemniej, trudno jednak porównywać wyniki poszczególnych badań, ponieważ nigdy nie wiadomo czy różnice w odpowiedzi na wysiłek są spowodowane różnicami fizjologicznymi czy też wynikają z metodyki/techniki wykonania badań wydolnościowych. Zastrzeżenia te nabierają szczególnego znaczenia podczas badań zawodników z niepełnosprawnością, ponieważ różnice w możliwościach jak i reakcjach organizmu mogą wynikać też z braku zrozumienia zadań sportowych, czy braku motywacji u osób z niepełnosprawnością intelektualną, albo też fizycznej niesprawności w koordynacji związanej ze specyficznym rodzajem uszkodzenia (np. osoby z porażeniem mózgowym) [32]. Dlatego regularne wykonywanie testów wysiłkowych wg tej samej metodyki stanowi podstawę prawidłowego monitorowania zdolności fizycznych (wydolności fizycznej) osób niepełnosprawnych i nabiera to szczególnego znaczenia, kiedy przechodzimy od rehabilitacyjnych oddziaływań do wysiłków ekstremalnych stosowanych w sporcie wyczynowym.

#### **Nowe spojrzenie na stan zdrowia i zdolności wysiłkowe zawodników z niepełnosprawnością**

Badania lekarskie mające na celu ocenę stanu zdrowia zawodników we współczesnym sporcie niepełnosprawnych są niezbędnie konieczne, co obecnie potwierdza bieżąca literatura [33]. U zawodników z niepełnosprawnością mają one szczególne znaczenie z powodu a priori istniejącej dysfunkcji, której wtórne skutki nie mogą ulec pogłębieniu w wyniku nieadekwatnych obciążeń. Świadomość tego spowodowała, że w 2001 roku przed podjęciem bezpośredniej współpracy autora z kadrą paraolimpijską narciarzy biegowych, przeprowadzona analiza zaleceń w dostępnych źródłach piśmiennictwa dotyczących badań lekarskich w wyczynowym sporcie pełnosprawnych [12,34], pozwoliła określić częstotliwość badań i ich niezbędny zakres jaki powinien być wymagany w kontroli stanu zdrowia zawodników poddanych intensywnemu treningowi. Należy podkreślić, że prawny obowiązek i zakres badań sportowców z niepełnosprawnością został usankcjonowany w Polsce dopiero w 2007 roku Rozporządzeniem Ministra [35]. Z kolei po raz pierwszy oficjalne stanowisko Międzynarodowego Komitetu Olimpijskiego w sprawie badań lekarskich zawodników opublikowano w 2009 roku [36]. Nato-

Medical examinations aimed at assessing the health of athletes are indispensable in the sport for the disabled, which is confirmed by current literature of the subject [33]. They are particularly significant in the case of athletes with disabilities due to the fact that their dysfunctions may worsen as a result of inadequate loads. Being aware of it led to the fact that in 2001, before the author of this work started cooperating with Paralympic cross-country skiers, an analysis of recommendations from available literature concerning medical examinations in professional sport of able-bodied athletes was made [12,34]. It allowed the author to determine the frequency of examinations and their range required in controlling the health of athletes undergoing intensive training. It should be highlighted that legal obligation and range of examinations for disabled athletes was sanctioned in Poland as late as in 2007 with the Minister's Regulation [35]. In turn, the first official statement of the International Olympic Committee on medical examinations of athletes was published in 2009 [36]. However, a similar statement regarding athletes with disabilities announced during Paralympic Games in Sochi in 2013 has not been published to date [37].

From the medical point of view, physical capacity tests help to exclude cardiological contraindications to physical effort [38], while from the sports point of view, they may provide answers regarding a current level of physical capacity of athletes [39]. Thus, such examinations captured coaches' attention, also in Paralympic sport. It resulted from increased competition caused by changes in regulations and the need for optimising the training of disabled skiers.

Therefore, the author's own competition, training and medical experience as well as previous research on assessing physical capacity of elite athletes practising Olympic sports served as a basis for preparing and implementing a complex evaluation of physical capacity of Paralympic cross-country skiers aimed at assessing their endurance capacity and monitoring the effectiveness of a training process in Paralympic preparations.

Current studies in this field confirm a proper direction of medical examinations and assessment of physical capacity of athletes with disabilities. For instance, Bernardi et al. [19] concluded that with the present cumulation of competition classes and a given coefficient,  $\dot{V}O_{2\max}$  is a decisive factor for sports result both in the group of athletes competing in a standing position and among those competing in a sitting position. Similarly, on the basis of British experiences from the Olympic and Paralympic Games in London in 2012, it is recommended in the literature [40] to implement the model of combining medical care with a training process in order to achieve ethical and functional balance between medical care and optimisation of sports performance. Moreover, attention is paid to the need of

miast podobne stanowisko odnośnie sportowców z niepełnosprawnością zapowiedziane podczas IP w Soczi 2013 nie zostało dotychczas opublikowane [37].

Testy wysiłkowe z lekarskiego punktu widzenia pozwalają wykluczyć przeciwwskazania kardiologiczne do wysiłków [38], natomiast ze sportowego punktu mają dać odpowiedź odnośnie aktualnego poziomu zdolności wysiłkowych zawodników [39]. Tym samym takie badania znalazły się w kręgu zainteresowania szkoleniowców, także w sporcie paraolimpijskim. Stało się to w wyniku zwiększenia rywalizacji z powodu zmian w przepisach oraz potrzeby optymalizacji treningu narciarzy z niepełnosprawnością.

Stąd własne doświadczenia zawodnicze, trenerskie, lekarskie oraz dotychczasowe przeprowadzone badania w zakresie oceny wydolności zawodników wysokiego wyczynu wyniesione ze sportu olimpijskiego dały podstawy do opracowania i wdrożenia kompleksowej oceny zdolności wysiłkowych zawodników w narciarstwie paraolimpijskim w celu określenia ich możliwości wytrzymałościowych oraz monitoringu skuteczności procesu szkoleniowego w przygotowaniach paraolimpijskich.

Pojawiające się obecnie doniesienia w tym zakresie potwierdzają właściwie obrany kierunek podjętych badań lekarskich oraz oceny zdolności wysiłkowych sportowców z niepełnosprawnością. Dla przykładu Bernardi i wsp. [19] stwierdza, że przy obecnej kumulacji klas startowych oraz określonym współczynnikiem (handicapie)  $V_{O_{2max}}$  jest czynnikiem decydującym o wyniku sportowym zarówno w grupie zawodników startujących na stojąco jak i na siedząco. Podobnie, na podstawie brytyjskich doświadczeń z Igrzysk Olimpijskich i Paraolimpijskich w Londynie w 2012 roku, proponuje się w piśmiennictwie [40] model połączenia opieki medycznej z procesem szkoleniowym celem osiągnięcia etycznej oraz funkcjonalnej równowagi pomiędzy opieką medyczną, a optymalizacją sportowego wyczynu. Ponadto zwraca się uwagę na potrzebę zmiany kwalifikacji i roli lekarza pracującego ze sportowcami – „od lekarza „zainteresowanego sportem” do specjalisty medycyny sportowej” który, powinien być koordynatorem wielospecjalistycznego zespołu medycznego współpracującego w sposób zintegrowany ze sztabem trenerskim [40].

Podsumowując, można stwierdzić, że wdrożenie przez autora w 2001 roku systematycznej oceny stanu zdrowia ukierunkowanej na poprawę zdolności wysiłkowych zawodników z niepełnosprawnością było uzasadnione i nowatorskie w sporcie paraolimpijskim. Wprawdzie prawny obowiązek kwalifikacji lekarskiej do uprawiania sportu dotyczący zawodników z niepełnosprawnością wprowadzono w Polsce w 2007 roku, ale niestety w dalszym ciągu pozostaje daleka droga do powszechnej świadomości, zarówno wśród zawodników, trenerów i przede wszystkich decydentów, o potrzebie systematycznych badań lekarskich sportowców z niepełnosprawnością [41].

changing the qualification and role of a doctor working with athletes from “the doctor interested in sport” to “sports medicine specialist” who should coordinate multi-specialist medical team cooperating in an integrated way with the coaches’ team [40].

To sum up, it may be concluded that the fact that in 2001 the author implemented a regular health assessment aimed at improving physical capacity of disabled athletes was justified and innovative in Paralympic sport. Although a legal obligation of medical qualification for practising sport regarding athletes with disabilities was introduced in Poland in 2007, there is still a long way to general awareness of the need for regular medical examinations of disabled athletes among athletes themselves, coaches and mainly among decision-makers [41].

## Conclusions

1. Implementing a regular observation of health state of athletes with disabilities allows for medical intervention at the moment of occurrence of negative health effects resulting from increased training loads.
2. Monitoring physical capacity makes it possible to observe the reaction of the subject’s body to training tasks and modify them with regard to the needs in particular periods of Paralympic preparation.
3. Sports achievements of the subject confirm the significance of the conducted observation, while the quoted sports results confirm the effectiveness of monitoring the training process.
4. The presented morpho-functional characteristics of the subject is an example of the level of physical capacity which makes it possible to compete for the title of the Paralympic Champion in cross-country skiing for individuals with motor disability.
5. At the present level of competition, health state and the level of physical capacity are decisive success factors in Paralympic sport.

## Wnioski

1. Wprowadzenie systematycznej obserwacji stanu zdrowia sportowców z niepełnosprawnością umożliwia interwencję lekarską w chwili pojawienia się negatywnych skutków zdrowotnych w wyniku zwiększonych obciążeń treningowych.
2. Monitoring zdolności wysiłkowych pozwala śledzić odpowiedź organizmu badanych na postawione zadania treningowe i je modyfikować w miarę potrzeby w poszczególnych okresach przygotowań paraolimpijskich.
3. Osiągnięcia sportowe badanej potwierdzają zasadność prowadzonej obserwacji, a przytoczone wyniki sportowe skuteczność monitorowania procesu treningowego.
4. Przedstawiona charakterystyka morfo-funkcjonalna zawodniczki RK jest przykładem poziomu zdolności wysiłkowych, który umożliwia współzawodnictwo o tytuł mistrzyni paraolimpijskiej w biegach narciarskich osób z niepełnosprawnością w zakresie narządu ruchu.
5. W sporcie paraolimpijskim przy obecnym współzawodnictwie czynnikiem decydującym o wyniku sportowym jest stan zdrowia zawodników oraz poziom zdolności wysiłkowych

## Piśmiennictwo/References

1. McCann C. Sports for the disabled: the evolution from rehabilitation to competitive sport. *Br J Sports Med* 1996;30:279-80.
2. Ferrara MS, Buchley WE. The injury experience and training history of the competitive skier a disability. *Am J Sports Med* 1992;20(1):55-60.
3. Sobiecka J. Winter sports practice and its influence on the frame of mind and lifestyle of disabled persons as exemplified by polish paralympic competitors. *Pol J Environ Stud* 2004;13 (Supl II) 512-6.
4. Natvig H. Classification system – development features. Functional and medical classification. Second Paralympic Congress in Lillehammer 1994. Session 2 – Classification: 85-92.
5. Sherrill C. Disability sport and classification theory: A new era. *Adapt Phys Activ Q* 1999;16:206-15.
6. Kroken AR, Lannem AM. Development of classification system in Nordic skiing for disabled . Conference proceedings of the Paralympic Congress VISTA; 2003; Bolnas, Sweden. Electronic version.
7. Jahnke B., Schule K. 30th Anniversary Paralympic Winter Games 1976-2006. IPC, RLC. Paris, France – IPC, Bonn, Germany; 2006.
8. Bompa TO. Periodization. Theory and Methodology of Training. Human Kinetics;1999.
9. Chojnacki K, Krasicki S, Rogowiec K. Śnieżne sporty wytrzymałościowe w Igrzyskach Paraolimpijskich. *Studia i monografie AWF Kraków* 2007;48:50-94.
10. Orava S, Jaroma H, Hulkko A. Overuse injuries in cross-country skiing. *Br J Sports Med* 1985;19:158-160.
11. Shephard RJ. Benefits of sport and physical activity for the disabled: implications for the individual and for society. *Scand J Rehabil Med* 1991;23(2):51-9.
12. Zarządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 9 października 1985 r. w sprawie zasad i trybu prowadzenia badań lekarskich oraz zasad opieki medycznej nad osobami uprawiającymi sport i rekreację ruchową w ramach stowarzyszeń kultury fizycznej. *Monitor Polski* 1985;35 poz. 235.
13. Wnorowski J. Kompleksowa diagnostyka wydolności fizycznej. *Med Sport* 2002;6 (Supl 1): 113-22.
14. Gawroński W. Podstawowe cele i zadania medycyny sportowej w sporcie osób niepełnosprawnych. *Medicina Sportiva Supplement* 2007;2:7-12.
15. Mitten MJ. Amateur athletes with handicaps or physical abnormalities: who makes the participation decision? *Neb Law Rev* 1992;71:987-1032.

16. Webborn NE, Willick SE, Reeser JC. Injuries among disabled athletes during the 2002 Winter Paralympic Games. *Med Sci Sport Exerc* 2006;38 (5):811-5.
17. Webborn N, Willick SE, Emery CA. The injury experience at the 2010 winter paralympic games. *Clin J Sport Med* 2012;22(1):3-9.
18. Bhambhani Y, Forbes S, Forbes J, Craven B, Matsuura C, Rodgers C. Physiologic responses of competitive Canadian cross-country skiers with disabilities. *Clin J Sport Med* 2012; 22(1):31-8.
19. Bernardi M, Guerra E, Di Giacinto B, Di Cesare A, Castellano V, Bhambhani Y. Field evaluation of paralympic athletes in selected sports: Implications for training. *Med Sci Sport Exerc* 2010; 42(6):1200-08.
20. Bernardi M, Carucci S, Faiola F, Egidi F, Marini C, Castellano V, Faina M. Physical fitness evaluation of paralympic winter sports sitting athletes. *Clin J Sport Med* 2012; 22(1):26–30.
21. Klimek AT, Chojnacki K. Poziom wydolności aerobowej zawodników niepełnosprawnych intelektualnie biegaczy narciarskich zakwalifikowanych do udziału w igrzyskach paraolimpijskich. *Postępy Rehabilitacji* 2003;17(4):67-76.
22. Chojnacki K, Tyka A, Tyka E, Klimek AT. Zmiany wydolności fizycznej niepełnosprawnych narciarzy zjazdowców przed Igrzyskami Paraolimpijskimi w Salt Lake City. *Postępy Rehabilitacji* 2004;18(4):19-25.
23. Chojnacki K, Klimek AT, Tyka A, Tchórzewski D. Zmiany wydolności fizycznej polskich narciarzy niepełnosprawnych w przygotowaniach do udziału w VIII Paraolimpijskich Igrzyskach Salt Lake 2002. *Medycyna Sportowa* 2004;20(5):254-58.
24. Gawroński W. Badania w zakresie medycyny sportowej niepełnosprawnych zawodników w narciarstwie klasycznym reprezentantek na Igrzyska Paraolimpijskie. *Annales Universitatis Marie Curie-Skłodowska* 2006; LX (supl 16):238-41.
25. Gawroński W. Badania w zakresie medycyny sportowej niepełnosprawnych zawodniczek w narciarstwie klasycznym reprezentantek na Igrzyska Paraolimpijskie. *Annales Universitatis Marie Curie-Skłodowska* 2006; LX (supl 16): 242-5.
26. Paralympic.org.[Internet]. Results, rankings & records. [cited 2016 Feb 02]. Available from: <http://www.paralympic.org/results/historical>
27. Percy DF, Warner DB. Evaluating relative performances in disabled sports competitions. *IMA J Management Math* 2009;(20):185-99.
28. DePauw KP, Gavron SJ. Coaching and training athletes with disabilities. In: DePauw KP, Gavron SJ. *Disability Sport*. Champaign IL: Human Kinetics Publishers; 2005.p. 161-80.
29. Kubica R, Wilk B, Karvonen J, Krasicki S, Kalli S. Oxygen uptake during cross-country skiing with skating and diagonal techniques on the gases of the HR-V02 relationships. *Biol Sport* 1988;(5):3:157-69.
30. Astrand P-O, Rodahl K. *Textbook of work physiology*. New York: McGraw-Hill; 1977.
31. Saltin B, Astrand PO. Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol* 1967;23:353-8
32. Shephard RJ. *Fitness in special population*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers; 1990.
33. Willick S, Webborn N. *Medicine*. In: Vanlandeijck YC., Thompson W. *Handbook of Sports Medicine and Science. The paralympic athlete*. Wiley-Blackwell 2011.
34. Dubiel J., Rusin B. Wytyczne kwalifikacji do uprawiania sportu wyczynowego. In: Dziak A, Nazar K (editors). *Medycyna Sportowa*. Warszawa: PTMS; 1991.p.327-73.
35. Rozporządzenie Ministra Sportu z dnia 8 stycznia 2007 r. w sprawie zakresu opieki medycznej nad zawodnikami kadry narodowej osób niepełnosprawnych oraz kadry paraolimpijskiej. *Dz. U.* 17 stycznia 2007; Nr 7: poz. 56.
36. Ljungqvist A, Jenoure P, Engebretsen, et al. The International Olympic Committee (IOC) Consensus statement on periodic health evaluation of elite athletes. *Br J Sports Med* 2009;43:631-43.
37. Katharina Grimm. Safe sport: the pre-participation examination. 2nd NPC Team Physician Conference Sochi. 2014. [cited on 29.02.2016]. Available from: [http://www.paralympic.org/sites/default/files/document/140312161055523\\_2014\\_03\\_10+KG.pdf](http://www.paralympic.org/sites/default/files/document/140312161055523_2014_03_10+KG.pdf)
38. Oliveira F JA, Salvetti XM, Lira FE, et al. Athlete's heart, oxygen uptake and morphologic findings in paralympic athletes. *Int J Cardiol* 2007;121:100-1.
39. Forman DE, Lavie CJ, Guazzi M i inni. Cardiopulmonary exercise testing: relevant but underuse. *Postgrad Med* 2010; 122 (6): 69-87.
40. DijkstraH P, N Pollock, R Chakraverty, J M Alonso. Managing the health of the elite athlete: a new integrated performance health management and coaching model. *Br J Sports Med* 2014;48:523–31.
41. Sobiecka J, Gawroński W, Plinta R, Kłodecka-Różalska J. Porównanie stanu opieki medycznej podczas przygotowań do Igrzysk Paraolimpijskich – Turyn 2006 oraz Vancouver 2010 – na podstawie opinii zawodników. *Medicina Sportiva Practica* 2009; 12(3):70-9.